

DESAIN DAN ANALISIS *GREEN DATA CENTER* DI FAKULTAS REKAYASA INDUSTRI UNIVERSITAS TELKOM MENGGUNAKAN STANDAR TIA-942 *HEAT DISSIPATION*

DESIGN AND ANALYSIS OF *GREEN DATA CENTER* AT INDUSTRIAL ENGINEERING FACULTY OF TELKOM UNIVERSITY BASED ON TIA-942 STANDARD *HEAT DISSIPATION*

¹Sufyan Sauri, ²Mochamad Teguh Kurniawan

^{1, 2}Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Rekayasa Industri, *Telkom University*

¹sufyansauri@students.telkomuniversity.ac.id, ²teguhkurniawan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Fakultas Rekayasa Industri (FRI) Universitas Telkom merupakan salah satu fakultas yang berada di Universitas Telkom. *Data Center* merupakan komponen penting dalam menjamin keberlangsungan teknologi informasi. *Server* yang tersebar menyebabkan manajemen tidak terpusat serta penggunaan daya listrik yang semakin besar. Berdasarkan rencana strategis FRI, *Server* akan digabungkan ke dalam satu *Data Center*. Dengan metodologi *PPDIOO Network Life-Cycle Approach*, pengembangan *Data Center* dapat dilakukan secara *continue* karena memiliki fase *cycle*. TIA-942 *heat dissipation* adalah *best practice* yang digunakan dalam perancangan *Data Center* FRI. Rancangan *Data Center* dengan tingkatan *tier 2* dengan acuan TIA-942 merupakan tujuan dari penelitian serta hasil akhir berupa desain *Data Center* dengan area pendukung (ruang listrik, *loading dock* dan *staging area*, ruang penyimpanan, *operation and command center*, *vendor service area*), sistem kelistrikan (distribusi listrik ke perangkat IT di dalam *Data Center*), sistem pendinginan (menggunakan teknologi *i-AXU* dan *row oriented cooling system*), dan desain *raised floor* (ukuran *floor height* 45 cm serta memiliki ukuran *grid* 60 cm x 60 cm x 4 cm). Yang dapat membantu dalam perancangan *Data Center* di Fakultas Rekayasa Industri Universitas Telkom.

Kata kunci: *Data Center*, *Server*, TIA-942 *heat dissipation*, *PPDIOO Network Life-Cycle Approach*

Abstract

Industrial Engineering Faculty of the Telkom University is a faculty at *Telkom University*. *Data Center* is an important component in ensuring the sustainability of information technology. Distributed Servers causing uncentralized management as well as increased power consumption. Based on the strategic plan *Industrial Engineering Faculty*, *Server* will be merged into a single *Data Center*. Based on methodology *PPDIOO Network Life-Cycle Approach*, *Data Center* design can be developed based on its phase cycles. TIA-942 *heat dissipation* standard is the best practice used in the *Data Center* design of *Industrial Engineering Faculty*. The design *Data Center* with tier 2 levels with reference to TIA-942 is the aim of the research the final result of the design of the *Data Center* is support area (electrical room, loading dock and staging areas, storage space, operation and command centers, vendor service area), electrical system (electricity distribution to IT equipment in the *Data Center*), cooling system (using technology *i-AXU* and row-oriented cooling system), and raised floor design (size of the floor height of 45 cm and has a grid size of 60 cm x 60 cm x 4 cm). Which can help in the design of the *Data Center* at *Industrial Engineering Faculty of Telkom University*.

Keywords: *Data Center*, *Server*, TIA-942 *heat dissipation*, *PPDIOO Network Life-Cycle Approach*

1. Pendahuluan

Meningkatnya kebutuhan akan teknologi informasi berbanding lurus dengan laju perkembangan teknologi yang begitu cepat. Pemanfaatan teknologi informasi dalam pengolahan data yang berskala besar salah satunya adalah pengaplikasian *Data Center*. Perkembangan teknologi yang pesat menjadi alasan pentingnya pengolahan data sebuah perusahaan dalam mengorganisir informasi untuk kelangsungan bisnis.

Keberlangsungan proses bisnis merupakan syarat yang mutlak bagi organisasi untuk mencapai tujuannya. *Data Center* merupakan salah satu komponen penting dalam keberlangsungan bisnis. Sebagai salah satu komponen yang

penting dalam layanan bisnis, *Data Center* diharapkan mampu memberikan pelayanan dengan optimal, meskipun dengan keadaan tidak normal.

Fakultas Rekayasa Industri (FRI) merupakan salah satu fakultas yang berada di Universitas Telkom. FRI harus menyiapkan layanan teknologi yang baik untuk civitas akademika di dalamnya. Untuk mewujudkan layanan tersebut maka dibutuhkan infrastruktur *Data Center* yang mampu menunjang segala aspek yang dibutuhkan untuk mengakomodasi layanan yang ada.

Berdasarkan hasil observasi, didapatkan hasil bahwa di dalam FRI memiliki *Server* yang tersebar sehingga manajemen yang tidak terpusat serta penggunaan daya listrik yang semakin besar. Oleh karena itu dibutuhkan *Data Center* FRI agar dapat mengakomodasi *Server* di dalamnya.

Dalam melakukan analisis dan desain, menggunakan metode *PPDIOO Network Life-Cycle Approach* yang merupakan metode pengembangan infrastruktur *Data Center* atau jaringan yang digunakan untuk memahami bagaimana suatu informasi dapat mendukung kebutuhan bisnis, merancang sistem, serta mengimplementasikannya kepada pengguna. Sehingga dapat membantu peneliti dalam menentukan kebutuhan utama yang diperlukan oleh FRI dalam pengimplementasiannya. Dan untuk implementasi FRI membutuhkan desain infrastruktur *Data Center* yang merupakan gabungan dari *Server* yang berada di FRI.

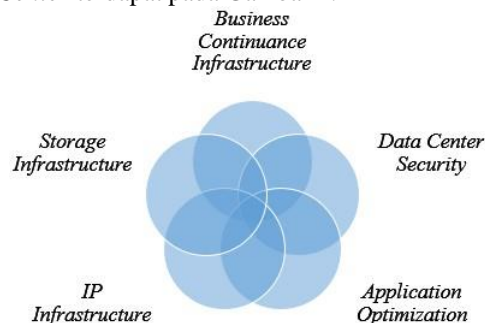
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Definisi *Data Center*

Menurut definisi dari *Telecommunication Industry Association* [1], *Data Center* merupakan bangunan atau bagian dari bangunan yang memiliki fungsi utama sebagai ruang komputer dan area pendukungnya.

Menurut definisi dari Yulianti [2], *Data Center* merupakan fasilitas yang digunakan untuk penempatan beberapa kumpulan *Server* dalam sistem komputer dan sistem penyimpanan data yang dibuat sedemikian rupa dengan pengaturan catu daya, pengaturan udara, pencegahan bahaya kebakaran, dan dilengkapi pula dengan pengamanan fisik.

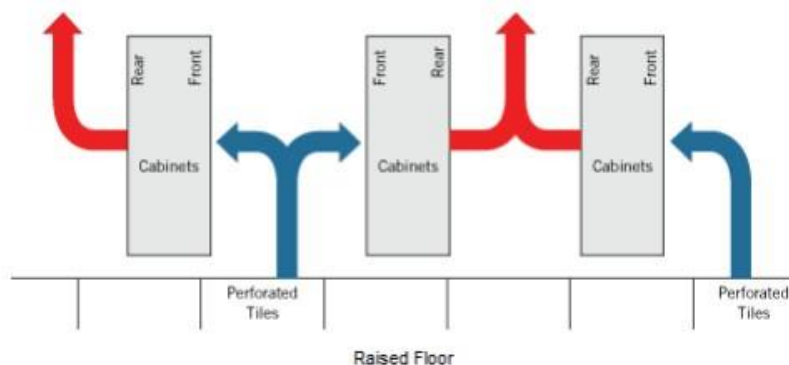
Lima aspek layanan *Data Center* terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1 Layanan Utama *Data Center* [2]

2.2 TIA-942 Heat Dissipation

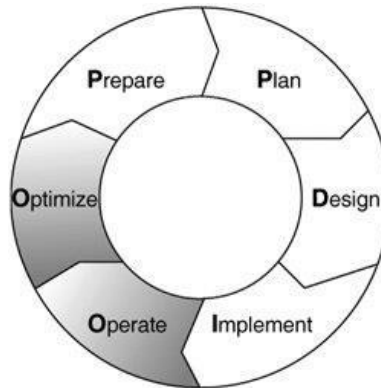
Berdasarkan standar TIA-942 [1], desain saluran panas dan saluran dingin pada *Data Center* terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2 Desain Jalur Pendingin dan Pembuangan Panas berdasarkan Standar TIA-942 (Panah Merah Untuk Jalur Panas dan Panah Biru Untuk Jalur Dingin) [1]

2.3 PPDIOO Network Life-cycle Approach

PPDIOO merupakan metode analisis sampai pengembangan instalasi jaringan komputer yang dikembangkan oleh Cisco pada materi Designing for Cisco Internetwork Solution (DESGN) yang mendefinisikan secara terus menerus siklus hidup layanan yang dibutuhkan untuk pengembangan jaringan komputer atau teknologi terkait. Adapun tahapan pada PPDIOO terdapat pada Gambar 3.



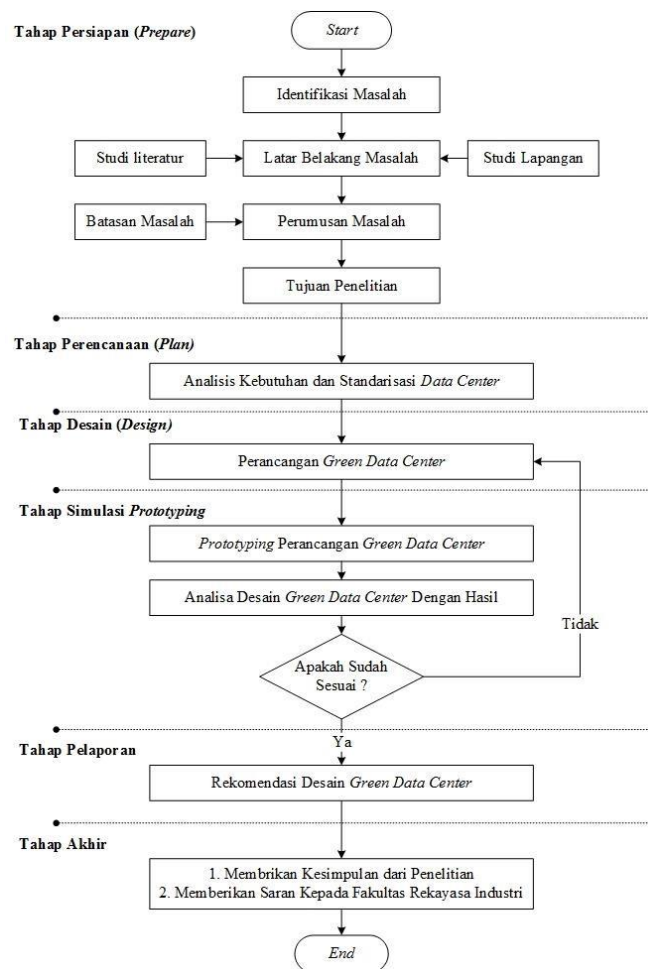
Gambar 3 PPDIOO Network Life-Cycle [3]

Terdapat enam tahapan pada metode PPDIOO yaitu: (1) *prepare*/persiapan, (2) *plan*/perencanaan, (3) *design*/desain, (4) *Implement*/implementasi, (5). *Operate*/pengoperasian, (6) *optimize*/optimasi.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Sistematika Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan metode PPDIOO Network Life-Cycle Approach. Pada sistematika penelitian menjelaskan tahapan-tahapan pada penelitian. Mulai dari tahap awal hingga tahap akhir. Adapun sistematika penelitiannya terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4 Sistematika Penelitian

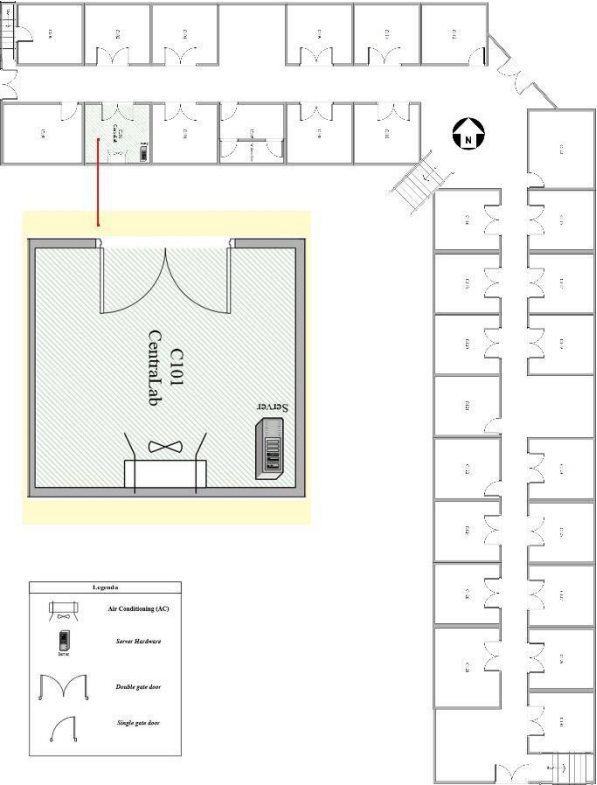
Terdapat lima tahapan utama yang dilakukan yaitu tahap persiapan (*Prepare*), tahap perencanaan (*Plan*), tahap desain (*Design*), tahap simulasi *prototyping*, dan tahap pelaporan. Berdasarkan batasan masalah yang telah ditentukan, penggunaan metode PPDIIO hanya digunakan sampai tahap simulasi *prototyping*. Penjelasan dari setiap tahapan adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan (*Prepare*)
Pada tahap awal terdiri dari studi literatur dan studi lapangan yang digunakan untuk merumuskan masalah, batasan masalah, dan tujuan penelitian.
2. Tahap Perencanaan (*Plan*)
Tahapan ini dilakukan analisa terhadap infrastruktur eksisting, sehingga didapatkan hasil analisa yang digunakan sebagai dasar dalam pembuatan desain dari *Data Center* FRI.
3. Tahap Desain (*Design*)
Dilakukan perancangan infrastruktur *Data Center* usulan yang mengacu pada standar TIA-942 *heat dissipation*.
4. Tahap Simulasi *Prototyping*
Dilakukan pembuatan *prototyping* terhadap desain infrastruktur *Data Center* FRI.
5. Tahap Pelaporan
Pada tahapan ini terdiri dari pembuatan kesimpulan dan saran yang didapatkan dari hasil penelitian.

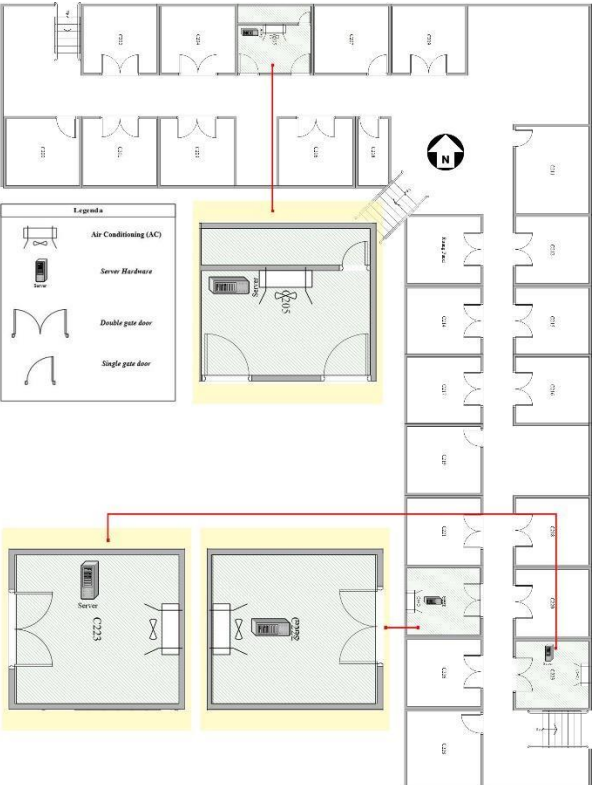
4. Perancangan

4.1 Letak dan Denah Server

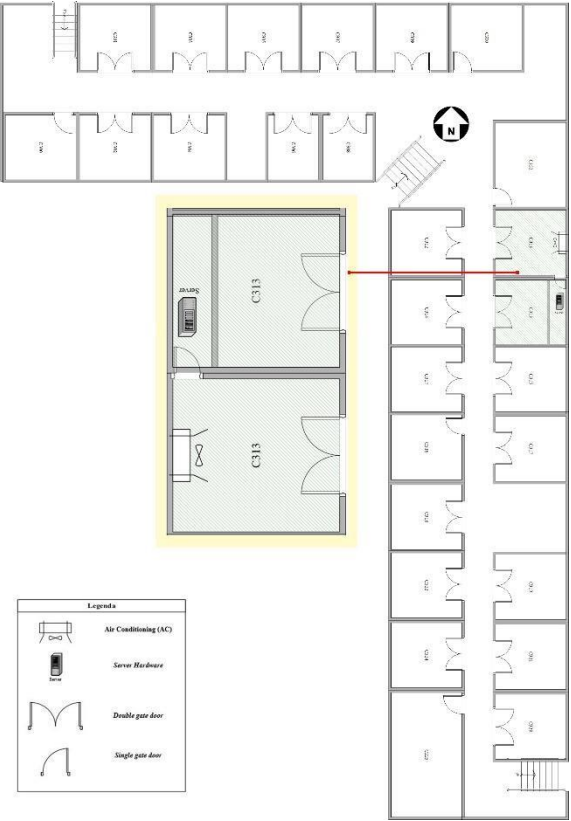
Gambar 5.a, 5.b, dan 5.c merupakan letak dan denah *Server* eksisting di FRI pada lantai 1, 2, dan 3.



Gambar 5. a Denah *Server* yang Terdapat di Lantai 1 Gedung Karang FRI



Gambar 5. b Denah *Server* yang Terdapat di Lantai 2 Gedung Karang FRI



Gambar 5. c Denah *Server* yang Terdapat di Lantai 1 Gedung Karang FRI

Dari Gambar 5.a, 5.b, 5.c dapat dilihat 5 *Server* yang tersebar di FRI. lima *Server* tersebut terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1 Daftar *Server* di FRI

No	Laboratorium	Letak
1	Centra Laboratorium	Lantai 1
2	<i>Programming and Database</i>	Lantai 2
3	<i>Bussiness Process Analysis and Design</i>	
4	Sistem Operasi dan Jaringan	
5	PFT	Lantai 3

4.2 Penggunaan Daya (*Power*) *Server*

Dari pengukuran yang telah dilakukan dalam penggunaan daya (*power*) *Server* FRI. Durasi waktu yang digunakan selama 3 menit dan didapatkan rata-rata pada Tabel 2.

Tabel 2 Rata-rata Penggunaan Daya *Server* Eksisting FRI

Nama <i>Server</i>	Penggunaan Daya (dalam Watt)	Total Pemakaian Daya / 3 menit (dalam kW)
CentraLab	156.96	0.0076
Laboratorium PRODASE	104.55	0.005
Laboratorium BPAD	103.89	0.0052
Laboratorium SISJAR	88.33	0.004
Laboratorium PFT	104.6	0.005

4.3 Heat Output Calculation

Setelah didapatkan hasil pengukuran penggunaan daya (*power*) selanjutnya dilakukan perhitungan panas yang dikeluarkan terhadap daya yang digunakan. Rata-rata panas yang dikeluarkan dalam durasi waktu 3 menit terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rata-Rata *Heat Output Calculation Server* Eksisting FRI Universitas

Nama <i>Server</i>	Heat Output (dalam BTU/jam)
CentraLab	518.646
Laboratorium PRODASE	341.214
Laboratorium BPAD	354.863
Laboratorium SISJAR	272.971
Laboratorium PFT	341.214

4.4 Pengolahan *Server* Eksisting

- Analisa Infrastruktur Bangunan
Tidak dilakukan perancangan infrastruktur bangunan seperti adanya ruang pendukung. Hal ini mengakibatkan bercampurnya fungsi ruangan yang terdapat pada *Data Center*.
- Analisa Kelistrikan
Tidak dilakukan penerapan sistem kelistrikan yang ada seperti penggunaan *Automatic Transfer Switch* (ATS), penggunaan *Emergency Power Off* (EPO). Hal ini mengakibatkan pemindahan sistem kelistrikan secara manual karena tidak diimplementasikan ATS.

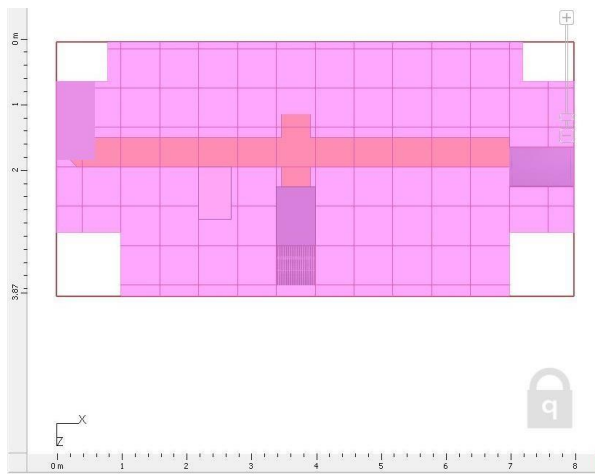
- c. Analisa Sistem Pendingin
Tidak ada sistem pendinginan khusus yang digunakan untuk *Server FRI*, sehingga dapat menyebabkan *over heating* pada *Server* karena sistem pendinginan yang tidak ada.
- d. Analisa Penggunaan *Raised floor*
Tidak dilakukan pengimplementasian *raised floor* sehingga menyebabkan ketidak teraturan dalam pemasangan kabel.
- e. Analisa Tata Letak
Pada kondisi eksisting *Server* masih tersebar sehingga manajemen *Server FRI* belum dilakukan secara terpusat.

5. Perancangan dan Analisa Usulan

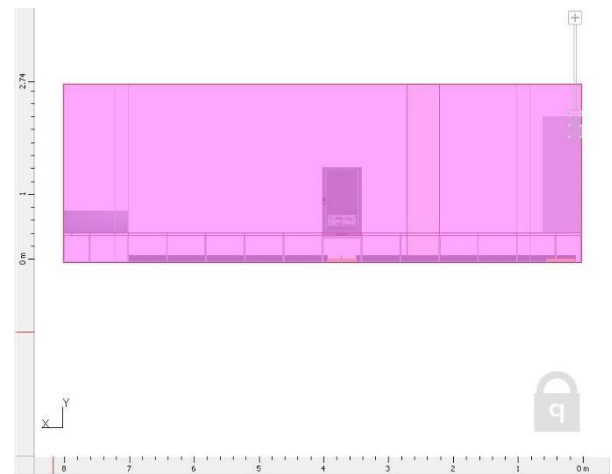
Dalam perancangan usulan, dilakukan enam perancangan desain yaitu Desain *Data Center*, Desain Infrastruktur Pendukung, Desain Sistem Kelistrikan, Desain Sistem Pendinginan, Desain *Raised floor*. Penjelasan dari setiap perancangan adalah sebagai berikut:

5.1. Desain *Data Center*

Ukuran dari *Data Center* usulan terdapat pada Gambar 6.a dan 6.b.



Gambar 6. a Ukuran Ruang *Data Center* (Panjang x Lebar)

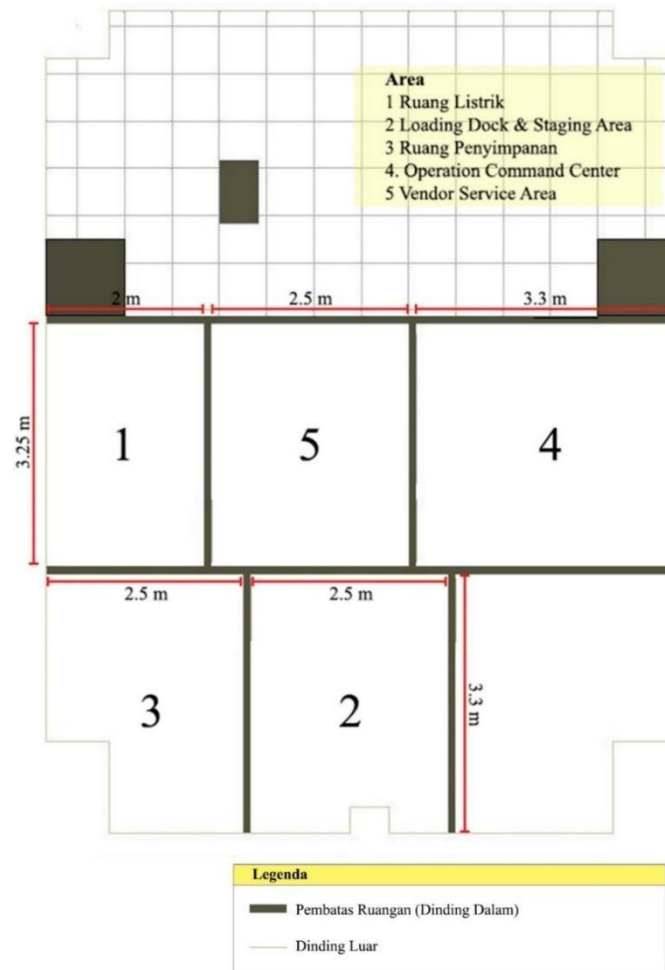


Gambar 6. b Ukuran Ruang *Data Center* (Panjang x Tinggi)

Ukuran panjang dan lebar dari *Data Center* usulan adalah 8 m x 3,87 m. Sedangkan ukuran panjang dan tinggi ruangan *Data Center* usulan adalah 8 m x 2,74 m. Ukuran ini sesuai dengan ukuran ruangan sesuai rencana dari *FRI*. Dari segi *ceilling height*, ruang *Data Center FRI* sudah memenuhi standar TIA-942 yaitu ketinggian minimal 2,7 m.

5.2. Desain Infrastruktur Pendukung

Dalam desain infrastruktur pendukung dilakukan dari aspek ruang pendukung dalam *Data Center*. Terdapat 5 ruang pendukung yang digambarkan dalam nomor area seperti pada Gambar 7.

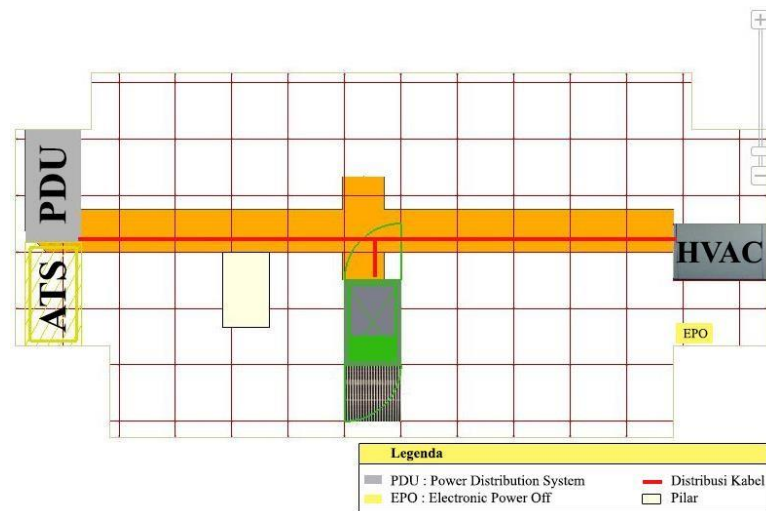


Gambar 7 Denah *Data Center* dan Ruangan Pendukung Tampak Atas (*Plan Section*)

5 area yang terdapat pada ruang pendukung adalah area 1 (Ruang Listrik), area 2 (*Loading Dock* dan *Loading Dock*), area 3 (Ruang Penyimpanan), area 4 (*Operation Command Center*), area 5 (*Vendor Service Area*). Sesuai dengan standar TIA-942, terdapat ruang pendukung di dalam *Data Center* sehingga dapat menyebarkan fungsi kerja di dalam *Data Center*.

5.3. Desain Sistem Kelistrikan

Dalam desain sistem kelistrikan aspek yang diperhatikan adalah pendistribusian kabel *power* dari *Power Distribution Unit* (PDU) ke perangkat IT dan perangkat pendinginan. Kabel melalui *cable tray* yang berada di bawah *raised floor*.

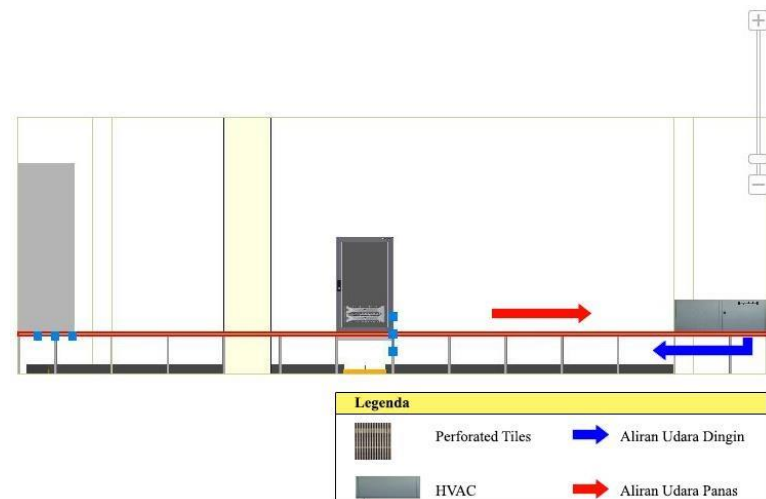


Gambar 8 Denah Kabel Kelistrikan Tampak Atas (*Plan Section*)

Perangkat yang digunakan dalam sistem kelistrikan adalah *Power Distribution Unit* (PDU), *Automatic Transfer Switch* (ATS), dan *Emergency Power Off* (EPO). Penggunaan sistem kelistrikan dapat membantu penyusunan kabel listrik di dalam *Data Center* karena didefinisikan dalam tahap desain.

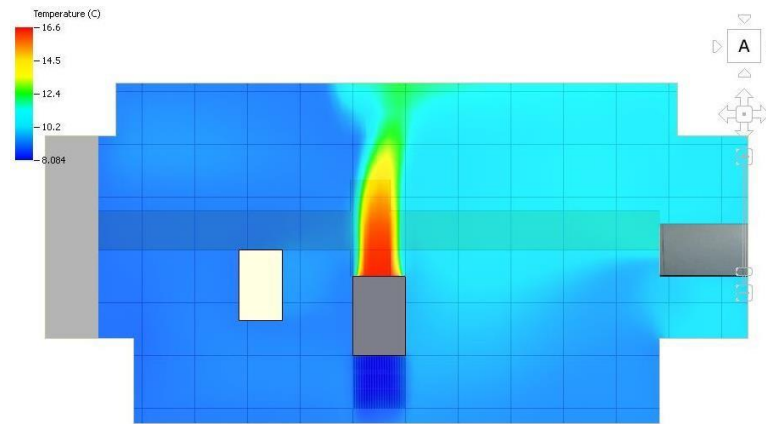
5.4. Desain Sistem Pendinginan

Desain sistem pendinginan yang digunakan pada *Data Center* usulan menggunakan *Row Oriented Cooling System* dengan menggunakan teknologi pendinginan i-AXU. Dengan pengaturan aliran udara melalui bawah *raised floor* serta pengaturan udara panas yang selanjutnya akan dikeluarkan dari *Data Center* melalui perangkat pendinginan yang ada. Desain sistem pendinginan *Data Center* usulan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 Denah Perangkat Pendinginan dan Aliran Udara Tampak Depan

Dari desain sistem pendinginan yang diusulkan, didapatkan hasil simulasi temperatur ruangan yang terdapat pada *Data Center* seperti pada Gambar 10.



Gambar 10 Kondisi Ruang *Data Center* Usulan Menggunakan *Software Simulasi Data Center*

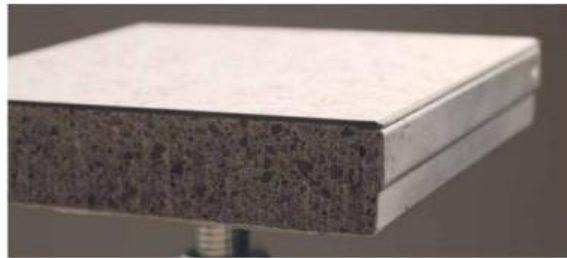
Kondisi temperatur maksimum yang terdapat pada *Data Center* usulan adalah 16.6°C dan temperatur minimum adalah 8.084°C . Dengan temperatur ruangan seperti pada Gambar 8, tidak terjadi *over heating* pada perangkat IT di dalam *Data Center*.

5.5. Desain *Raised Floor*

Teknologi *raised floor* digunakan untuk standar lantai pada *Data Center* usulan, adapun keuntungan teknologi *raised floor*, yaitu: (1) menciptakan ruangan yang berperan mengalirkan udara dingin, (2) pemindahan panel mudah dilakukan, (3) ruangan terlihat rapi secara estetika, (4) memiliki ukuran yang presisi, sehingga dapat dijadikan acuan *grid* untuk peletakan perangkat [1].

Sehingga digunakan *raised floor* yang bercoating *High Pressure Lamminate* (HPL) sebagai lapisan dasar di dalam *Data Center*, karena memiliki lapisan anti statis sehingga dapat membantu mengurangi tegangan yang ditimbulkan oleh orang yang berjalan di sepanjang permukaan lantai yang dapat mengakibatkan rusaknya perangkat elektromagnetik yang sensitif terhadap listrik statis.

Digunakan *raised floor* dengan ukuran *grid* 60 cm x 60 cm x 3,8 cm (P x L x T) dengan coating HPL. Seperti Gambar 10.



Gambar 11 *Raised floor* Usulan *Data Center* FRI [4]

Dari Gambar 11 tinggi minimal penggunaan *raised floor* dalam *tier 2* berdasarkan standar TIA-942 adalah 45 cm oleh karena itu dalam perancangan *raised floor* akan menggunakan ketinggian 45 cm atau 18". Sehingga dibutuhkan *floor height* seperti pada Gambar 12.

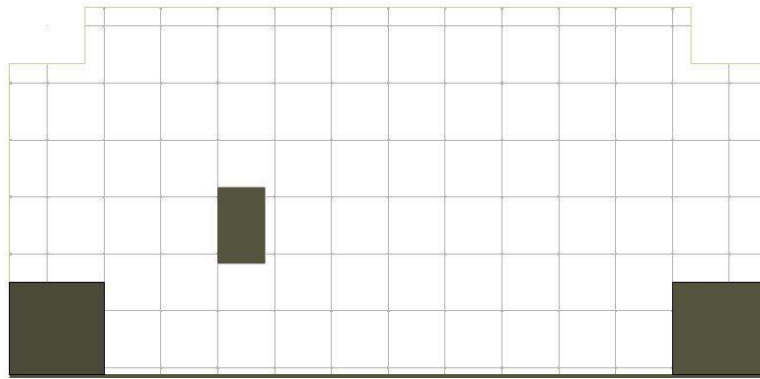
Gambar 12 *Floor Height* 45 cm [4]

Raised floor juga dilengkapi dengan *perforated tiles* yang digunakan untuk mengalirkan udara dingin dari bawah *raised floor* menuju sisi atas *raised floor*. Penggunaan *raised floor* dengan menggunakan *floor height* serta *perforated tiles* sangat cocok digunakan dalam sistem pendinginan *Row Oriented Colling System* karena aliran udara sudah diatur dalam perancangannya.

Gambar 13 *Perforated Tiles* [4]

Adapun desain *raised floor* pada *Data Center* usulan seperti pada Gambar 14 dan 15.

Gambar 14 Denah *Raised floor* Tampak Depan

Gambar 15 Denah *Raised floor* Tampak Atas

Dalam melakukan desain *raised floor* pada Gambar 14 dan 15, *floor height* serta ukuran grid dari *raised floor* menggunakan standar pada penjelasan sub bab 5.5.

5.6. Perbandingan Eksisting dan Usulan

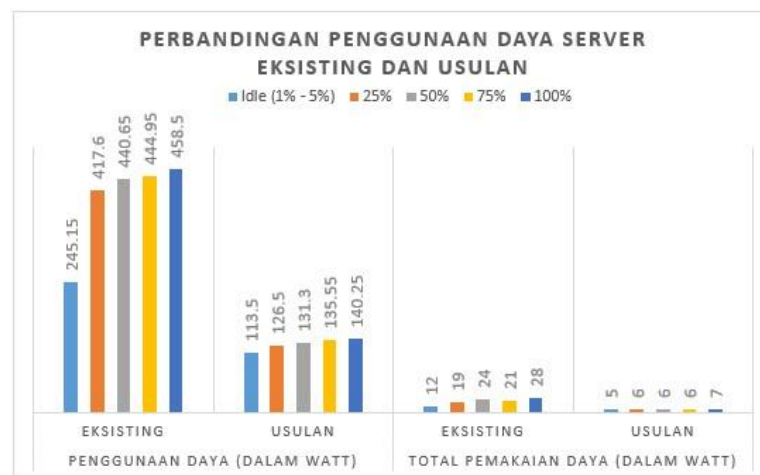
a. Perbandingan Penggunaan Daya

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil penggunaan daya *Server* eksisting dan usulan pada Tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan Penggunaan Daya *Server* Eksisting dan Usulan

Skenario (Proses CPU)	Penggunaan Daya (dalam Watt)		Total Pemakaian Daya (dalam Watt)		Waktu Pengujian (dalam menit)
	Eksisting	Usulan	Eksisting	Usulan	
<i>Idle</i> (1% - 5%)	245.15	113.5	12	5	3
25%	417.6	126.5	19	6	
50%	440.65	131.3	24	6	
75%	444.95	135.55	21	6	
100%	458.5	140.25	28	7	
Total	2006.85	647.1	104	30	
Selisih	1359.75		74		

Adapun bentuk grafik dari Tabel 4 terdapat pada Gambar 16.

Gambar 16 Perbandingan Penggunaan Daya (*Power Usage*) *Server* Eksisting dan Usulan

Didapatkan kesimpulan penggunaan daya *Server* usulan lebih sedikit dibandingkan *Server* eksisting sehingga dapat meninjang terciptanya *Green Data Center*. Dimana penggunaan daya pada *Server* usulan lebih hemat dibandingkan *Server* eksisting.

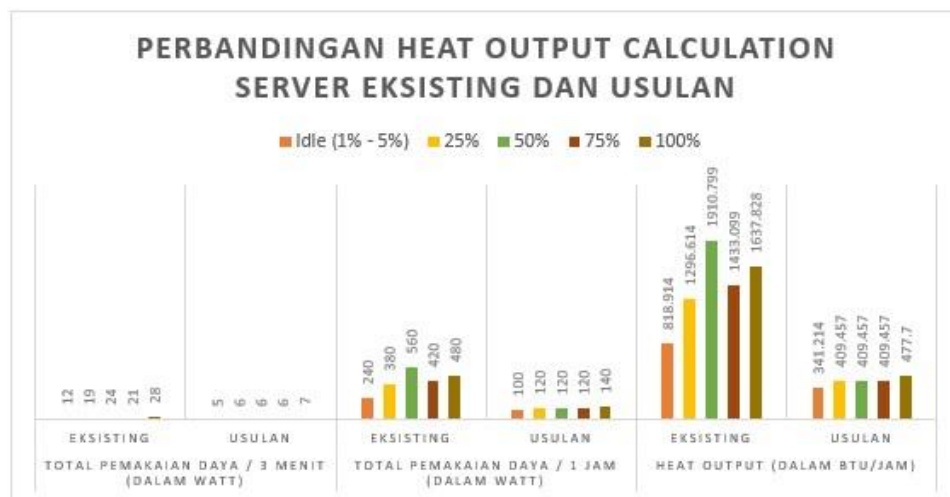
b. Perbandingan *Heat Output Calculation*

Dari pengujian penggunaan daya *Server* eksisting dan usulan dapat dilakukan perhitungan (panas yang dikeluarkan) *heat output calculation* pada Tabel 5.

Tabel 5 Total *Heat Output Calculation* *Server* Eksisting dan Usulan

Skenario (Proses CPU)	Total Pemakaian Daya / 3 Menit (dalam Watt)		Total Pemakaian Daya / 1 Jam (dalam Watt)		<i>Heat Output</i> (dalam BTU/jam)	
	Eksisting	Usulan	Eksisting	Usulan	Eksisting	Usulan
<i>Idle</i> (1% - 5%)	12	5	240	100	818.914	341.214
25%	19	6	380	120	1296.614	409.457
50%	24	6	560	120	1910.799	409.457
75%	21	6	420	120	1433.099	409.457
100%	28	7	480	140	1637.828	477.7
Total	104	30	2080	600	7097.255	2047.285
Selisih	74		1480		5049.969	

Adapun bentuk grafik dari Tabel 5 terdapat pada Gambar 17.



Gambar 17 Grafik Total *Heat Output Calculation* *Server* Eksisting dan Usulan

Didapatkan kesimpulan *heat output calculation* *Server* usulan lebih sedikit dibandingkan *Server* eksisting sehingga alat pendinginan yang dibutuhkan dapat menggunakan spesifikasi yang lebih rendah.

6. Kesimpulan dan Saran

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut:

1. Identifikasi kondisi eksisting *Server* di FRI adalah sebagai berikut:

- Server* masih tersebar di lima laboratorium, sehingga menyebabkan tersebarnya manajemen terhadap *Server*.
- Empat dari lima *Server* yang ada memiliki sistem kelistrikan yang hanya memiliki satu sumber, yang menyebabkan tidak *reliable*.
- Tidak ada sistem pendinginan khusus yang digunakan untuk *Server* yang berada di FRI.
- Ruang *Server* belum menggunakan *raised floor* sehingga peletakan alur kabel tidak teratur.
- Penggunaan daya listrik lebih besar karena satu *Hardware Server* digunakan untuk 1 *Logic Server*.
- Pengeluaran panas oleh *IT Equipment* lebih besar karena banyak *Server* yang digunakan.

2. Usulan desain *Data Center* FRI adalah sebagai berikut:
 - a. *Server* dipusatkan pada satu tempat di ruang *Data Center* FRI C105 sehingga terpusatnya manajemen terhadap *Server* maupun *Data Center*.
 - b. Terdapat lima ruang pendukung untuk membantu kinerja dari *Data Center*, yaitu ruang listrik, *loading dock*, *staging area*, ruang penyimpanan, *operation and command center*, *vendor service area*. Sehingga menyebabkan tersebarnya fungsi kerja *Data Center*.
 - c. Sistem pendinginan menggunakan teknologi HVAC dengan pengaturan aliran udara panas dan udara dingin yang menyebabkan pendinginan memiliki alur yang jelas dalam mendistribusikan udara dingin dan udara panas.
 - d. Lantai menggunakan teknologi *raised floor* dengan minimal ketinggian *floor height* 45 cm, sehingga dapat mengatur aliran udara dan pengkabelan.
 - e. Teknologi virtualisasi digunakan dalam penerapan *Server* sehingga dalam satu *hardware Server* terdapat banyak *Server* virtual. Sehingga penggunaan daya (*power*) dan pengeluaran panas dari *IT Equipment* lebih sedikit.

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil perancangan usulan *Data Center* FRI, yaitu :

1. Diperlukan dokumentasi secara detail terhadap perangkat dan perubahan yang terjadi pada *Data Center* maupun *Server* agar dalam pengembangan selanjutnya bisa dilakukan secara optimal.
2. Ruang C105 dikhususkan untuk ruang *Data Center* dan ruang pendukungnya.
3. Penelitian dilanjutkan pada tahapan *implement*, *operate*, dan *optimize* pada PPDIOO dengan objek penelitian *Data Center* Fakultas Rekayasa Industri Universitas Telkom.

Daftar Pustaka :

- [1] Telecommunication Industry Assosiation, Telecommunication Industry Association. TIA-942 Standard, 2010.
- [2] D. E. Yulianti and H. B. Nanda, Best Practice Perancangan Fasilitas *Data Center*, Jakarta, 2008.
- [3] F. Semperboni, "The PPDIOO Network Lifecycle," 2009. [Online]. Available: <http://www.ciscozine.com/the-ppdioo-network-lifecycle/>.
- [4] TecCrete, *Data Center* Flooring USA, HAWORTH, 2011.
- [5] RapidTables.com, "Watts to BTU Conversation Calculator," 8 May 2015. [Online]. Available: http://www.rapidtables.com/convert/power/Watt_to_BTU.htm#table.
- [6] M. Bullock and CIO, *Data Center* Definition and Solutions, 2009.
- [7] D. Cavdar and F. Alagoz, "A Survey of Research on Greening *Data Centers*," *Globecom 2012 - Symposium on Selected Areas in Communications*, p. 1, 2012.
- [8] Climaveneta, "Climaveneta i-accurate product description Italy," 2013.
- [9] K. Dunlap and N. Rasmussen, The Advantages of Row and RackOriented Cooling Architectures for *Data Centers*, American Power Conversion, 2006.
- [10] M. Ghamkhari, "Energy and Performance Management of Green *Data Centers*: A Profit Maximization Approach," *IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID*, p. 1, 2013.
- [11] I. Sari, Rancangan Green *Data Center* Pada PT. Surya Rengo Containers, 2014.
- [12] M. Rouse, "Green Computing," Mei 2010. [Online]. Available: <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/green-computing>.
- [13] B. D. S. Putra, "Analisis Dan Desain Infrastruktur *Data Center* di Universitas Telkom Dengan Metode Network Development Life Cycle," Bandung, 2014.
- [14] M. Mena, J. Musilli, E. Austin, J. Lee and P. Vaccaro, Selecting a *Data Center* Site: Intel's Approach, USA: Intel, 2014.
- [15] A. Mamane, Re-Engineering to a Green *Data Center*, with Measurable ROi, USA: 42U, 2009.
- [16] S. Laan, IT Infrastructure Architecture - Infrastructure building blocks and concepts, Lulu Press Inc, 2011.

- [17] H. Ye, Z. Song and Q. Sun, "Design of Green *Data Center* Deployment Model Based on Cloud Computing and TIA942 Heat Dissipation Standard," *2014 IEEE Workshop on Electronics, Computer and Applications*, p. 434, 2014.
- [18] Webber and Wallace, *How to Plan and Implement Sustainable IT Solution*, New York: AMACOM, 2009.